

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Katedra managementu kvality

SMED analýza výměny pilových listů a nastavení pil

SMED Analysis of the Saw Blades Changeover and the Saw Set-Up

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zadání bakalářské práce

Student: **Andrea Vicherková**
Studijní program: **B3922 Ekonomika a řízení průmyslových systémů**
Studijní obor: **3902R062 Management kvality**
Téma: **SMED analýza výměny pilových listů a nastavení pil.**
SMED Analysis of the Saw Blades Changeover and the Saw Set-Up.
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte teoretická východiska řešené problematiky.
2. Popište stávající způsob výměny pilových listů a nastavení pil.
3. Definujte externí a interní činnosti a proveďte jejich časovou analýzu.
4. Navrhněte vhodné přesuny externích činností do interních.
5. Navrhněte opatření ke zkrácení doby trvání interních činností.
6. Vyhodnoťte potenciální přínosy aplikace.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. NENADÁL, J. a kol.: Moderní management jakosti. Praha: Management Press, 2008.
2. KORMANEC, P. a kol.: SMED. Žilina: IPA Slovakia, 2008.
3. HERR, K.: Quick Changeover Concepts Applied. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Darja Noskievičová, CSc.**

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Mischinger**

Datum zadání: **30.11.2016**

Datum odevzdání: **28.04.2017**



prof. Ing. Jiří Plura, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka fakulty

Zásady pro vypracování bakalářské práce

I.

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání bakalářské práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list | 6. Obsah BP |
| 2. Originál zadání BP | 7. Textová část BP |
| 3. Zásady pro vypracování BP | 8. Seznam použité literatury |
| 4. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 9. Přílohy |
| 5. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | |

- ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry.
- ad 2) Originál zadání BP obdrží student na oborové katedře.
- ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za originálem zadání BP. („Zásady pro vypracování bakalářské práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).
- ad 4) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listu (ke stažení na webových stránkách fakulty) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.
- ad 5) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.
- ad 6) Obsah BP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech číslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.
- ad 7) Textová část BP obvykle zahrnuje:
- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
 - Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
 - Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující doporučené úpravy - písmo Times New Roman 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm, zarovnání do bloku. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 9). Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám.

Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. Matematické vzorce musí být číslovány (v kulatých závorkách). U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury. Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 8) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků. Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690. Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.

ad 9) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

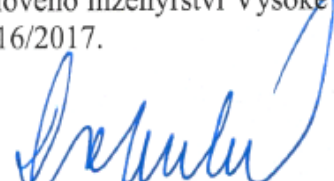
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě. Po vložení BP do IS EDISON bude provedena její kontrola na plagiátorství.

IV.

Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování bakalářské práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2016/2017.

Ostrava 2. 11. 2016


Prof. Ing. Jana Dobrovská, CSc.
děkanka Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 - školní dílo);
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB - TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě 25. 4. 2014


.....
podpis (jméno a příjmení studenta)

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce, paní prof. Ing. Darji Noskievičové, CSc., mému konzultantovi Ing. Janu Mischingerovi, mistrovi Martinovi Baránkovi a všem ostatním, kteří se mnou na této práci spolupracovali, za cenné rady, ochotu, čas, trpělivost a podporu.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá SMED analýzou výměny pilových listů a nastavení pil v úpravárnách HCC společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. První část práce je zaměřena na teoretické poznatky o štíhlé výrobě, jejím historickém kontextu, jejích dílčích pilířích a jednotlivých metodách. Jednou z nich je metoda SMED. V praktické části práce je představena společnost, její výrobní proces a dále provedena aplikace metody SMED. Cílem této práce je návrh opatření ke zkrácení doby výměny a tak zmenšení prostojů na trati.

Klíčová slova: štíhlá výroba, plýtvání, SMED, brainstorming

Abstract

This bachelor thesis focuses on an application of the SMED analysis of the saw blades changeover and the saw set-up in the company ArcelorMittal Ostrava a.s. The first part of the thesis is focused on a description of lean manufacturing especially its historical context and lean methods. One of these methods is Single-Minute Exchange of Die - SMED. In the practical part there is a description of the company, its manufacturing process and the application of the SMED method on the selected process of this company. The aim of this thesis is to make a recommendation of some practical steps to make the change over time shorter so the downtime would be smaller.

Key words: lean manufacturing, waste, SMED, brainstorming

Seznam použitých zkratek

TPS – výrobní systém Toyota

JIC – Just-in-Case

JIT – Just-in-Time

TPM – systém totální produktivní údržby

OEE – index celkové efektivnosti zařízení

SMED – výměna nástrojů během několika minut

IED – interní činnosti

OED – externí činnosti

AMO – ArcelorMittal Ostrava a.s.

HCC – hrubá profilová trať

SJV – středojemná válcovací trať

KD – kontidráťová trať

PLP – plynule lité předlitky

Obsah

Úvod	1
1 Metody štlhlé výroby	2
1.1 Štlhlá výroba – historie.....	2
1.2 Štlhlá výroba – charakteristika	5
1.2.1 Zaměření na zákazníka	6
1.2.2 Muda, Mura a Muri.....	6
1.2.3 Stabilita	7
1.2.4 Standardizace	9
1.2.5 Koncepce Just-in-Time	9
1.2.6 Jidoka	11
2 Metoda SMED.....	12
2.1 Metoda SMED – historický kontext.....	12
2.2 Základy SMED dle Shigea Shinga	12
2.3 Metoda SMED dle K. Herra	14
2.3.1 Elementy přestavby.....	15
Sekce přestavby.....	16
Kategorie	16
2.3.2 Analýza přestavby.....	17
2.3.3 Funkce, síla procesu a analýza rozhraní	17
2.3.4 Mechanické upevnění	17
2.3.5 Umístění, nastavení a seřizování.....	18
2.3.6 Organizace a komunikace	18
2.4 SMED dle P. Kormance	18
2.5 Srovnání přístupů a jejich uplatnění	21
3 Charakteristika firmy a výrobního procesu.....	22
3.1 ArcelorMittal	22
3.2 Závod 14 – Válcovny	24
3.2.1 Hrubá profilová trat HCC – charakteristika válcovací tratě	25
4 Analýza stávajícího stavu využití metody SMED ve firmě	28

5	Aplikace metody SMED v podmínkách úpraven HCC.....	29
5.1	Metodika aplikované SMED v krocích	29
5.2	Proces výměny pilových listů a nastavení pil – analýza současného stavu	29
5.3	Analýza videozáznamu.....	32
5.4	Brainstorming s pracovníky	34
5.5	Posouzení realizovatelnosti a vyhodnocení jednotlivých návrhů.....	36
5.6	Přínos aplikace navrhovaných řešení	37
5.7	Návrh dalšího postupu	37
	Závěr	39
	Seznam použité literatury	40
	Seznam obrázků.....	42
	Seznam tabulek	43

Úvod

V dnešní době obrovské konkurence je pro podniky, které se chtějí udržet na trhu, velmi důležité neustálé zlepšování procesů. Právě trh zákazníka, kdy nabídka převyšuje poptávku, nutí podniky vyrábět široký sortiment výrobků a splňovat přísné požadavky na kvalitu. Široký sortiment výrobků z výrobního hlediska znamená malé výrobní dávky, které zapříčiňují časté přestavby strojů. Už v polovině minulého století se tato problematika začala řešit v rámci vznikající štíhlé výroby. Metoda zkoumající redukci časů přestaveb se nazývá SMED. V této práci bude metoda aplikována na proces výměny pilových listů a nastavení pil v areálu závodu 14 – úpraven HCC společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. Tato společnost je velmi významným podnikem v Moravskoslezském kraji a zároveň největším hutním podnikem v České republice.

V první části této práce jsou řešena teoretická východiska štíhlé výroby a metody SMED. Štíhlá výroba je japonským vynálezem, inspirujícím nespočet podniků i v současnosti. V práci je uveden její historický kontext a jednotlivé metody. Následující kapitoly se věnují publikacím, přibližujícím metodu SMED a návodům na její aplikaci ve výrobním prostředí.

Praktická část se věnuje charakteristice již uvedené společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. V práci je dále popsán výrobní proces závodu 14 Válcoven. Další část je věnována aplikaci metody SMED dle kroků doporučených v teoretické části. V rámci aplikace metody SMED je zkoumán proces výměny pilových listů a nastavení pil. Následně jsou v práci uvedeny návrhy pro zkrácení času tohoto procesu, jakožto příčiny prostoje na trati. Výsledkem jsou doporučená opatření vhodná ke zkrácení času přestavby a další postup pro jejich aplikaci.

1 Metody štihlé výroby

1.1 Štihlá výroba – historie

Štihlá výroba je také známá pod názvem výrobní systém Toyota – TPS (Toyota Production System). Štihlá výroba má mnoho definic, avšak jeden stálý význam a to dělat více za menší spotřeby času, místa, lidského úsilí, strojů a materiálu, za účelem splnit požadavky zákazníků. [1]

Tato výrobní filosofie je v dnešní době velice rozšířená a používána zejména v automobilovém průmyslu po celém světě. Tento systém si společnosti dle svých individuálních procesů přizpůsobují, avšak základní princip zůstává vždy stejný a dá se využít i v jiných odvětvích, než jen v tom automobilovém. [2] Pro správné pochopení tohoto systému je vhodné uvedení historického kontextu celého automobilového průmyslu. V tomto ohledu byly v historii tři důležité mezníky:

- a) vynález automobilu – 1880,
- b) Fordova sériová velkovýroba – 1910,
- c) TPS, nebo štihlá výroba – 1933.

Ad a) Vynález automobilu 1880

Za vynálezce automobilu se považují Gotlib Daimler a Carl Benz. Oba dva měli své společnosti, které byly později sloučeny do jedné Daimler Benz – AG. V obrázku č. 1. je uveden první automobil, který měl pouze tři kola a byl poháněn čtyřdobým spalovacím motorem. Oficiálně získal patent za vynález automobilu Benz. Společnost se dnes nazývá Daimler AG a vyrábí také automobily Mercedes-Benz. [2]



Obr. 1: První automobil [3]

Ad b) Fordova sériová velkovýroba

V roce 1910 Henry Ford položil základy prvního systému montážní linky v automobilovém průmyslu. Zorganizoval všechny elementy výrobního systému – lidi, stroje, nástroje a produkty, a uspořádal je do plynulého systému, takzvané masové výroby. Díky montážní lince se výroba stala plynulá a levná. Hlavními výhodami masové výroby však byly totální zaměnitelnost dílů a jednoduchost je dát dohromady. [4] Ford byl se svým invenčním přístupem velmi úspěšný a stal se jedním z nejbohatších mužů na světě. Ford díky velkovýrobě snížil cenu automobilů pro zákazníky o celé dvě třetiny a roku 1908 vytvořil první cenově dostupný automobil takzvaný Model T, uveden na obrázku 2. [1] K výrobě takového modelu Forda vedla snaha vytvořit automobil, který bude snadno vyrobitelný, opravitelný a také uživatelsky přátelský.[2]



Obr. 2: Ford Model T [5]

Ve zkratce, tři největší Fordovy přínosy během jeho působnosti byly:

- zaměnitelnost a zjednodušení montáže dílů,
- redukce práce dělníků,
- pohybující se montážní linka.

Další důležitou osobou byl *Fred Winslow Taylor*, který byl první, kdo systematicky využil vědecké principy ve výrobě. Jeho prací se inspirovali také lídři štíhlé výroby jako Taiichi Ono, nebo Shigeo Shingo. Mezi Taylorovy inovace patřily:

- standardizace práce – hledání nejlepšího a nejjednoduššího způsobu práce,
- redukce času – kolik času daný proces trvá,
- analýza času a pohybu – nástroj pro standardizaci práce,

- měření a analýza pro neustálé zlepšování procesu – prototyp P-D-C-A cyklu.

[1]

Alfred Sloan byl dalším významným vynálezcem, tentokrát manažerských a marketingových inovací. Sloan pochopil, že masová výroba vyžaduje profesionální management. Působil v americké společnosti General Motors, kterou decentralizoval na 5 divizí a jejich části, které byly vedeny generálním manažerem. Tyto menší centrály podávaly pravidelně manažerům reporty. Reporty byly založeny na standardizovaných měřeních a manažeři tak byli schopni hodnotit objektivně, na základě konkrétních dat. Později v roce 1930 General Motors vstoupila do tak zvané Detroitské „Velké Trojky“, kam dodnes patří také společnosti Ford a Chrysler. [1]

Ad c) TPS, štíhlá výroba

Fordovo počínání zaujalo japonské průmyslové inženýry ze společnosti Toyota Automatic Loom Company. Společnost chtěla investovat do automobilového průmyslu a nechat se inspirovat silou Američanů, kteří v té době byli na špičce, a proto vytvořila speciální projekt věnovaný výrobě automobilů. Společnost se s cílem podpory svých vozidel přejmenovala na Toyota Motor Company. [2]

Společnost se, jak již bylo řečeno, chtěla inspirovat od úspěšného Fordu a tak zde vyslala roku 1929 Eijiho Toyodu, mladého japonského inženýra (syna tehdejšího ředitele Kiichiho Toyody). Po příjezdu se E. Toyoda společně s výrobním géniem Taiichim Onem shodli, že je téměř nemožné aplikovat Fordův systém pásové výroby v podmínkách tehdejšího válkou značně poznamenaného Japonska, které bojovalo s velmi špatnou ekonomickou situací. Prerekvizitou masové výroby byla velká poptávka, která v tehdeším Japonsku chyběla.

I přes nepříznivou situaci, se kterou se Japonsko potýkalo, Toyota začala budovat výrobní systém automobilů bez udržování obrovských pojistných zásob s cílem vyhnout se „just-in-case“, nebo JIC systému. Nový koncept společnosti byl založen na opaku tohoto systému, tedy eliminaci zásob a jejich čerpání přímo od dodavatelů. Tento koncept se proslavil jako Just-in-Time (JIT) systém a jeho vynálezci byli Taiichi Ono a Shigeo Shingo. Položili tak základy štíhlé výroby (Lean Manufacturing), a přetvořili filosofii masové produkce založené na JIC systému. [1]

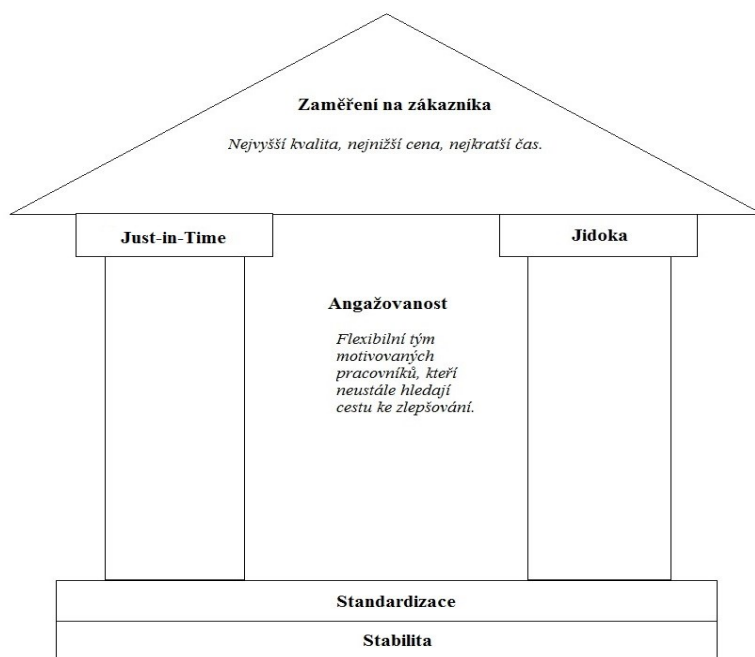
Toto však nebylo jediným přínosem nové koncepce. Ohno už v té době věděl, že zaměstnanci jsou jeho nejcennějším bohatstvím. Ohno se velmi inspiroval Tylorovými metodami, jako byly analýza času a pohybu, standardizace práce a neustálého zlepšování.

Dalšími přínosy byla výroba menších dávek díky rychlým přestavbám strojů, což přineslo ušetření peněz a rychlejší detekci vad. [2] Podrobněji se daným invencím věnuje následující kapitola.

System štíhlé výroby je v dnešní době tolik využíván, díky podobným aktuálním problémům (například rychle se měnící technologie či velká konkurence), jako právě Japonsko před více než 50 lety.

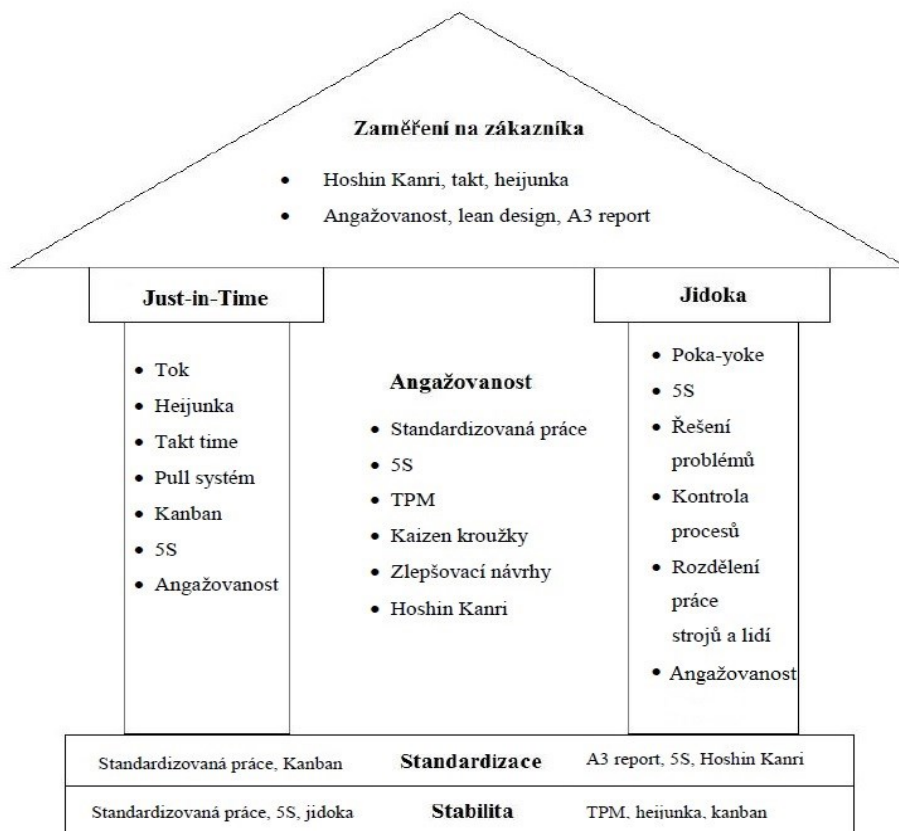
1.2 Štíhlá výroba – charakteristika

Základem štíhlé výroby jsou stabilita a standardizace. Tento systém se vyobrazuje pomocí takzvaného domu štíhlé výroby, uvedeném na obrázku 3. System štíhlé výroby má dva hlavní pilíře. Jedním z nich je již zmíněný systém JIT a druhý se nazývá Jidoka, neboli automatizace s lidským dotykem. Cílem systému, uvedeném ve střeše tohoto domu, je zaměření se na zákazníka. Tím se rozumí doručit zákazníkovi co nejvyšší kvalitu, za co nejnížší cenu, v co nejkratším čase. Srdcem systému je angažovanost vyjádřena flexibilním týmem motivovaných pracovníků, kteří neustále hledají cestu ke zlepšování. [1]



Obr. 3: Dům štíhlé výroby [6]

V následujícím obrázku č. 4 je uveden dům štíhlé výroby, rozšířený o jednotlivé aktivity, naplňující štíhlou výrobu. V následujících podkapitolách budou tyto činnosti přiblíženy pro upřesnění jejich významu a pochopení komplexnosti tohoto systému.



Obr. 4: Rozšířený dům štíhlé výroby [1]

1.2.1 Zaměření na zákazníka

K výše uvedeným cílům štíhlé výroby v dnešním světě přibýly, kromě snahy o odstranění veškerého plýtvání (mudy), (viz. v další kapitole), také bezpečnost, životní prostředí a morálka.

1.2.2 Muda, Mura a Muri

Je nutno zvážit, že vše, co nesplňuje požadavky na dosažení cíle, je plýtváním, v japonštině muda. Muda je opak hodnoty, nebo ceny, kterou je zákazník ochoten za produkt zaplatit. Muda může mít 8 forem: pohyb, čekání, transport, oprava, přepracování, nadprodukce, zásoby, či scházející znalosti. Nejvíce příčin mudy souvisí s plýtváním skrze zbytečný lidský pohyb. Věda, zabývající se vztahem mezi člověkem, pracovním prostředím a pracovním předmětem, se nazývá ergonomie. Špatná ergonomie na pracovním prostředí má za důsledek negativní ovlivnění produktivity, kvality a bezpečnosti. Ergonomie jako taková je tedy klíčem pro odstranění mudy. Mezi další příčiny mudy mohou být zařazeny také pohyby pracovníků mezi stroji, či zbytečně velké vzdálenosti mezi jednotlivými stroji.

Dalšími formami plýtvání jsou také mura a muri. Jako celek se tato tři japonská slova označují, jako Tři M. Mura znamená nestejnou měrnost, či kolísání výroby, obvykle způsobené kolísáním produkčních plánů. Muri znamená těžko proveditelné a může být způsobeno špatnou ergonomií, kolísáním produkce, neadekvátním nářadím, či nejasnými specifikacemi. [1]

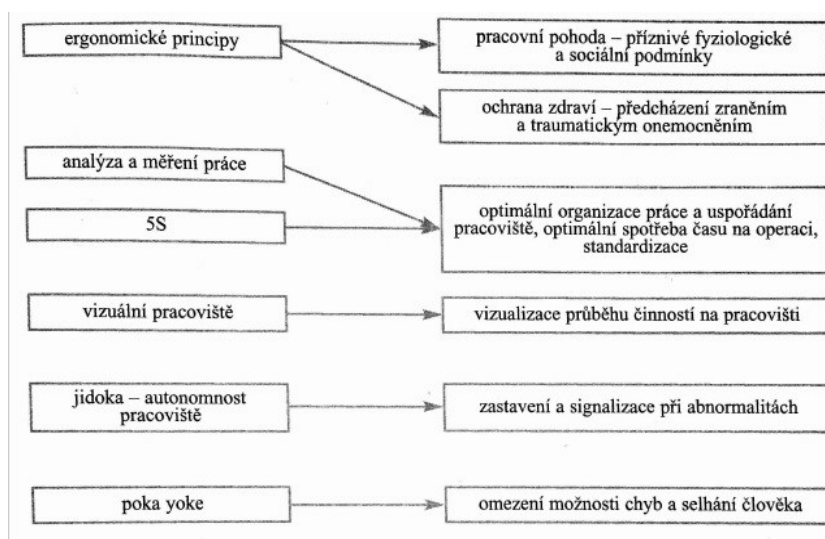
1.2.3 Stabilita

Základem stability je vizuální management a systém 5S. 5S podporuje standardizaci práce a společně se systémem totální produktivní údržby (TPM) jsou klíčem ke stabilitě metod a strojů navzájem. 5S také podporuje JIT výrobu, zajištěním informací o místě použití, která zjednodušují rozhodování.

Jádrem výroby jsou standardy – co se má dělat. Jádrem excelence je dodržování standardů. Ve štihlé výrobě jsou standardy spojovány s akcí. Mnohem větší hodnota je přikládána například obrázkům umístěným na pracovišti, než předpisům umístěným v šuplíku nadřizovaného, který má na jejich dodržování dohlížet. Proto je pozornost věnována zejména vizuálnímu managementu. [1]

5S system

Štihlé pracoviště je velmi důležité, pro správný chod a realizaci štihlé výroby. Na obrázku 5 jsou zobrazeny principy štihlého pracoviště, které jsou pro implementaci 5S nezbytné. Cílem tohoto systému tedy je, aby pracovník vynakládal co nejmenší možné úsilí a zároveň dosahoval co nejvyšší možných výsledků. Mezi další cíle patří zvýšení bezpečnosti na pracovišti, či umožnění obsluhy stroje více pracovníky.



Obr. 5: Prvky štihlého pracoviště [7]

Prvky štíhlého pracoviště vychází z 5 japonských slov, proto název 5S:

- Seiri – seřadit (z pracoviště odebrat věci, které zde nemají uplatnění a stanovit věci, které jsou zde naopak nezbytně nutné),
- Seiton – umístit (každá věc patří na své místo),
- Seiso – společně čistit (správně uklizené, uspořádané a udržované pracoviště zamezí nebezpečí úrazu),
- Seiketsu – standardizovat (uspořádání pracoviště, které bylo navrženo ve třech předchozích S je nutno standardizovat),
- Shitsuke – zlepšování (v této fázi je nutno všechny 4 přechodí kroky realizovat, kontrolovat a začlenit je do každodenní rutiny). [7]

Total Productive Maintenance (TPM) – systém totální produktivní údržby

5S přirozeně vede k TPM, ve kterém jsou pracovníci obsluhy stroje zapojeni do základních údržbářských aktivit. Bylo zjištěno, že většinu poruch strojů má na svědomí právě obsluha, která zanedbává část své práce, která obnáší právě údržbu, opravy a udržování čistoty a pořádku na pracovišti. Tento systém si klade za cíl redukovat neshodné výrobky, náklady a poruchy vyskytující se na strojích. Jedním z kroků k realizaci těchto cílů je tedy jasné stanovení zodpovědnosti a povinnosti v oblasti údržby, oprav a dodržování čistoty na pracovišti právě obsluze stroje a pracovníkům údržby. Se zodpovědností se také nese motivace. Velmi přínosné je také vytvoření týmů, které se neustále snaží práci a procesy zdokonalovat. Tyto týmy by se měly zaměřit zejména na redukci šesti velkých ztrát, mezi které se řadí:

1. ztráty způsobené poruchami strojů,
2. ztráty spojené se seřizením a nastavením,
3. ztráty z nízké rychlosti,
4. malé prostoje,
5. ztráty způsobené neshodnými produkty,
6. ztráty z výroby prvních kusů.

Tyto ztráty jsou úzce spjaty s mírou efektivnosti zařízení. Tato míra je vyjádřena indexem celkové efektivnosti zařízení OEE, který se vyjadřuje pomocí vzorce:

$$OEE = A \cdot P \cdot Q,$$

kde A – pohotovost;

P – účinnost výkonu;

Q – míra kvality (podíl shodných výrobků na celkové produkci).

Za optimální se považuje OEE > 85 %. [8]

1.2.4 Standardizace

Standardizovaná operace je taková, která popisuje tu doposud nejefektivnější, nejsnazší a nejbezpečnější cestu, jak danou operaci provádět. [9] Slovo standard jako takové ve většině pracovníků vyvolává negativní emoci spojenou s tím, že něco musí a nesmí dělat. Automaticky tak toto vyvolává nechuť k práci, což je špatně a je nutné se na toto naučit nahlížet z jiného úhlu pohledu. Standardizace je totiž naopak pro všechny zapojené neuvěřitelně přínosná. Mezi její přínosy patří:

- stabilita procesu – stabilita = opakovatelnost, která je pro požadavky na kvalitu, bezpečnost, cenu atd. nutná,
- stanovení hranic procesů – díky nim bude možno zjistit jejich časové rozmezí, tempo produkce,
- učící se organizace – díky standardizaci se zachovají know-how, která si v sobě nebudou nosit pouze jednotliví zaměstnanci,
- řešení problémů a audity – standardizace obeznamuje s aktuálním stavem a umožňuje identifikaci problémů,
- trénink – standardizace přináší návod pro pracovníky a ošetření tak možnosti toho, že každý vykonává práci jinak, což může být příčinou chybovosti,
- kaizen, poka-yoke – neustálé zlepšování procesů, předcházení vzniku vad.

Pro zavedení standardizace a její realizaci se využívají: tabulka výrobní kapacity, rozvrh standardizované operace a tabulka pro analýzu standardizované operace. Standardizace je stavebním kamenem pro neustálé zlepšování. Cílem standardizace je tedy zdokonalování procesů a eliminace ztrát (mudy). Díky standardizaci je možno lépe vidět tyto nedostatky procesu, místa pro zefektivnění. [1]

1.2.5 Koncepce Just-in-Time

Již zmíněné JIT znamená výrobu správného produktu, ve správný čas, na správném místě. Je to také soubor pravidel, metod a nástrojů, nutných dodržovat, aby výroba mohla vyrábět v malých dávkách, za krátkou dobu, s účelem plnit individuální přání zákazníků. Tedy jak název metody Just-in-Time v překladu znamená, právě v čas. Tento systém byl

představen roku 1950 Toyotou. Největší boom systém zažil v 80. letech, kdy byl představen Americe. Ideálně se koncepce snaží dosáhnout takzvaného „one – piece flow“, tedy toku jednoho kusu. Oproti klasické výrobě to znamená, že vyráběná dávka neobsahuje např. 10 kusů, ale jen 1. Výhodou tedy je, že nevznikají žádné zásoby, které jsou častým problémem neekonomické výroby. Dalšími přínosy jsou úspory z rozsahu pro dodavatele, tedy úspory díky výrobě velkého množství určitého sortimentu. Tohoto lze dosáhnout dlouhodobými vztahy s nízkým počtem dodavatelů, kdy výrobce je také ve výhodě, protože získává výrobky kvalitní, za nízké náklady a v pravý čas. Přínosem koncepce je však také zkrácení doby výroby.[1,9] Produkce na základě systému JIT se řídí několika pravidly:

1. nevyrábět nic, co si zákazník neobjednal,
2. přizpůsobit práci poptávce, aby práce byla plynulá,
3. přizpůsobit veškeré procesy poptávce zákazníků skrze jednoduché vizuální nástroje,
4. maximalizovat flexibilitu lidí a strojů.

Se systémem JIT úzce souvisí takzvaný Pull systém. *Pull* systém znamená, že se nic nevyrábí, dokud si produkty zákazník neobjedná. Je opakem klasického systému Push, kdy se vyrábí i přes to, že není poptávka.

Komponenty JIT systému jsou kanban a heijunka.

1. Kanban

Synchronizující systém vizuálních nástrojů (obvykle signálních karet), které poskytují instrukce pro interní a externí dodavatele a zákazníky. Karty se nazývají kanban a řídí tedy tok materiálu mezi jednotlivými procesy. Karta funguje jako objednávka a obsahuje údaje o tom, co, jak, kdy a kolik se toho má vyrobit, jak se to má přepravovat a skladovat. Existují dva druhy kanbanových karet: *výrobní* - co a v jakém množství se má vyrobit a *přepravní* - odebrání položek z místa, kde se doposud nacházely (sklad, nebo předcházející proces).

Systém kanban je dobrým způsobem, jak regulovat produkci. Prerekvizitami jeho zavedení jsou *vyrovnání produkce*, tak, aby odpovídala požadavkům zákazníka a *kompensace vytížení*, přesněji rovnováha mezi prací, která je potřebná a možnou kapacitou. Systém kanban redukuje nadvýrobu a nesprávné využívání lidských zdrojů a materiálu. [10]

2. Heijunka neboli vyrovnávání produkce

Toto podporuje standardizaci práce a kaizen. Cílem je vyrábět každý den ve stejném tempu a tím předcházet výkyvům v pracovním vytížení. Paradoxně heijunka podporuje také schopnost rychlé adaptace na kolísající poptávku.

Kanban a heijunka závisí na rychlosti přestaveb strojů, vizuálním managementu (5S systém) a způsobilosti procesu. Způsobilosti procesu je myšlena způsobilost pracovníků, metod a strojů. [1]

1.2.6 Jidoka

Druhým pilířem systému JIT je Jidoka. Toyotou byla jidoka definována jako „automatizace s lidským dotykem“ a implikuje schopné pracovníky a stroje identifikující neshody a provádějící rychlá opatření. Jidoka znamená realizaci bezvadného procesu neustálým zlepšováním pomocí: způsobilosti procesu, okamžité identifikace příčin variability a zpětné vazby v podobě protiopatření. [1]

Velký výskyt vad znamená statistickou nestabilitu procesů, která v žádné výrobě není vítána. Shigeo Shingo se tak snažil nalézt něco, co by tyto vady eliminovalo, a chtěl vyvrátit fakt, že 100 % kontrola není možná. Proto Shingo vynalezl Poka-yoke.

Poka-yoke

Poka znamená neúmyslnou chybu a yoke znamená prevence. Poka-yoke znamená implementaci nízkonákladových zařízení, která identifikují odchylku od standardní situace ještě před vznikem vady. Jsou to zařízení, která úplně předcházejí vzniku vad tím, že v momentě, kdy se odchylka objeví, zastaví výrobu, či upozorní varovným signálem. Shingo považoval za nezbytné rozlišit, zda se jedná o chybu, které se není možno vyhnout, či chybu, která může být úplně eliminována. Poka-yoke je nástrojem pro zajištění kvality výrobků. [1]

2 Metoda SMED

V této kapitole jsou popsány 3 publikace věnující se metodě SMED a její aplikaci ve výrobních procesech. Také je zde uveden historický kontext SMED. Přístup každé z publikací se od ostatních mírně liší a na konci kapitoly jsou tyto odlišnosti shrnuty společně s výběrem metody, která byla uplatněna v praktické části této práce.

2.1 Metoda SMED – historický kontext

Tato metoda byla vyvinuta roku 1950 *Shigeem Shingem* v závodě Mazdy (tehdy Toyo Kogyo) v Hirošimě, kde začali hledat způsob, jak zkrátit časy přestavování strojů, které v některých případech zabíraly i polovinu dne. Shigeo zde zjistil, že se dá ušetřit až 50 % času přestavování tím, že dílčí činnosti přestavby rozdělí na:

- *interní* IED (internal exchange of die) - ty, které se provádí po vypnutí stroje, a které se bude snažit převést,
- *externí* OED (external exchange of die) - ty, které se provádí v průběhu produkce stroje.

Tím, že pracovníci budou mít pro výměnu veškeré nářadí a potřebné montážní prostředky připravené a nebudou muset během ní něco hledat, ušetří spoustu času. Shigeo SMED průběžně formoval do podoby, jak je dnes ve spoustě výrobních podniků využívána. Protože bylo ve snaze Shigea, přijít na to, jak kterýkoliv čas přestavby zkrátit pod 10 minut, nazval tuto metodu „*single-minute exchange of die*“, v překladu výměna během několika minut, ve zkratce SMED. SMED byla později zařazena do koncepce TPS, která ji využívala ve všech svých továrnách a dále vyvíjela, jako jeden z elementů štihlé výroby. Metoda se celkově vyvíjela 19 let a její vyvrcholení proběhlo právě v závodě Toyty, kde se podařilo čas přestavby snížit ze 4 hodin na pouhých 90 minut. SMED je vědecký přístup, který je možno aplikovat v jakémkoliv závodě na jakémkoliv stroji. [11]

2.2 Základy SMED dle Shigea Shinga

Pro analýzu procesu přestavby je možné rozdělit jednotlivé procesy do několika částí, tvořících celou přestavbu. V následující tabulce jsou uvedena možná rozdělení.

Tab. 1: Rozdělení procesů dle Shigea Shinga [11]

Operace	Podíl času
Příprava, úprava procesu a přizpůsobení	30%
Montáž a demontáž	5%
Měření, nastavení a kalibrace	15%
Zkušební provoz a úpravy	50%

- **Příprava, kontrola materiálu a nástrojů, měřidel, nastavení po přestavbě**

V této části je nutné se ujistit, že je vše na svém místě a funguje tak, jak má, jak před procesem přestavby, tak po ní.

- **Montáž a demontáž nástrojů**

V tomto kroku se provádí manipulace nástrojů a jejich příprava pro další krok přestavby, či jejich odstranění po dokončení přestavby.

- **Měření, nastavení a kalibrace**

Tento krok obnáší potřebné nastavování a měření, potřebné pro správný chod výrobního procesu.

- **Zkušební provoz a úpravy**

V tomto kroku se provádí činnosti spojené se správným nastavením a kalibrací. Ve zkušebním procesu se ověřuje, zda bylo vše správně nastaveno a může se pokračovat ve výrobě. Nejúčinnějším krokem pro efektivní nastavení, je zvýšená míra přesnosti při měření a kalibraci.

Jedním z nejlepších způsobů, jak správně proces analyzovat, je provést videozáznam celé přestavby a ten následně se všemi pracovníky shlédnout a prokonzultovat jednotlivé názory a možná řešení pro zkrácení času přestavby. Dalšími možnostmi jsou také konzultace s pracovníky, kontinuální analýza výroby, která je však časově velmi náročná, či provedení vzorkové studie.

V první fázi je potřeba dílčí činnosti *rozdělit na interní a externí* a soustředit se na to, kdy by měly být dané činnosti prováděny. Častou chybou je nesprávné využití času a zbytečné množství činností, které se provádí při vypnutém stroji. V dalším kroku je potřeba se snažit nalézt způsob, jak *interní činnosti převést na externí*. Toto může ušetřit 30 – 50 % času přestavby. Je také nutné přezkoumat, zda jsou interní činnosti správně zařazeny mezi interní. Také je nutno zaměřit se na každou operaci zvlášť. Ve třetí fázi přichází na řadu *zefektivnění všech aspektů přestavby*. Plné využití metody SMED může být využito pouze, pokud budou

všechny tyto fáze provedeny společně s analýzou všech operací přestavby. Mezi nejúčinnější techniky při aplikaci SMED patří:

- implementace paralelních operací,
- eliminace seřizování a
- použití několika typů funkčních svorek. [11]

2.3 Metoda SMED dle K. Herra

V publikaci [12] autor hovoří o přestavovacích časech, jako o takových, kdy jsou využívány náklady, které však nevytváří žádnou hodnotu. Přestavby jsou chápány jako dlouhotrvající procesy kontraproduktivní k efektivitě. Efektivním řešením jsou dlouhé výrobní časy mezi přestavbami strojů, tedy velké výrobní dávky. Toto řešení však vede k řadě nákladů na přepravu, skladování, administrativu, a vedení a údržbu všech těchto činností. Řešení je také nevhodné z hlediska toho, že velké dávky s sebou přinášejí nutnou predikci poptávky, která není spolehlivá a nese s sebou další náklady na pojistné zásoby. S ideálním řešením přišel již zmíněný Shingo s metodou SMED, která časy přestaveb radikálně krátí. Rychlé přestavby vedou k:

- menším výrobním dávkám,
- nižším úrovni zásob,
- kratším časům,
- kratší čas oběhu kapitálu,
- spokojenosti zákazníků,
- vyšší konkurenceschopnosti.

Autor doporučuje nepřestavovat méně, ale častěji. Tímto se sníží úroveň zásob, protože se výroba bude odvíjet od aktuálních objednávek a výroba bude více flexibilní. Zlepší se tedy cílení ke skutečnému jádru obchodního modelu: využívání zdrojů za účelem splnit požadavky zákazníků. Toto vede také k lepšímu plánování výroby. Tento koncept je vyjádřením již zmíněné koncepce Heijunka.

Autor rozlišuje „*set-up*“ – nastavování a „*set-up time*“ – čas nastavování. Set-up definuje jako proces všech potřebných kroků k přeměně výrobní konfigurace. Set-up time dále jako celkový čas všech jednotlivých časů těchto kroků. Tento přístup je odlišný od jiných, které set-up time chápou, jako čas mezi posledním vyrobeným produktem

z předešlého nastavení a produktem vyrobeným po přestavbě. Autor do tohoto zahrnuje také čas odstavování a rozběhnutí stroje (interní činnosti).

Autor se v knize věnuje také systémovému přístupu, ze kterého vychází. Systém definuje dle R.Ackoffa [12] jako:

„Každý systém je vždy částí většího systému, vedlejšího systému a obsahuje své části, nazývané subsystémy. Je definován ne sumou těchto částí, ale produkty, vycházejícími z interakcí mezi těmito částmi.“ [12]

Další část je věnována vytyčení strategie, cílů a podmínek pro zavedení redukce časů přestaveb. V této části je nutno vymezit, kterým přestavbám by se podnik měl věnovat nejprve a dle čeho se takto rozhodne. Například těm, které jsou nejdelší, protože mají největší vliv na úroveň zásob, či těm, které mají největší efekt na celkový objem skladu, protože prostory jsou nejkritičtějším zdrojem, nebo také těm nejkratším, pro vytvoření příkladu možnosti jednokusové výroby.

Dále je doporučováno provedení ABC analýzy na produktové portfolio pro detekci produktů, které jsou pro společnost nejvýdělečnější, nebo ty, které jsou pro společnost nejdůležitější (nemusí být vždy ty stejné). ABC analýza vychází z Paretova principu, že 80 % důsledků, způsobuje pouhých 20 % příčin. Tyto příčiny pochází ze skupiny A, které je vhodné věnovat největší pozornost, co se úsilí o optimalizace týče.

Dalším krokem je analýza funkčních produktů, ve které je nutno se zaměřit na to, jaká funkce se má dosáhnout přenastavením stroje na výrobu jiného produktu a zda jí nelze dosáhnout i jiným, snazším způsobem.

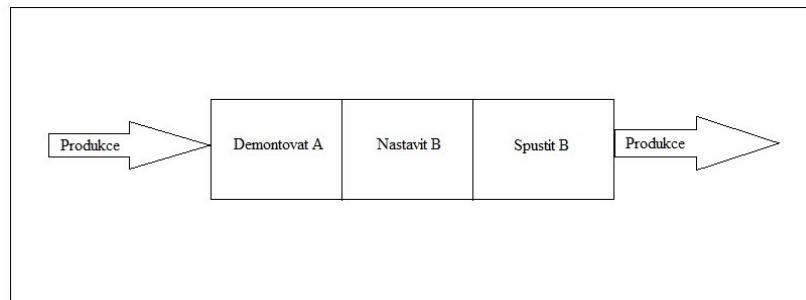
Také je nutno se zaměřit na standardizaci, která může mnoho přestaveb značně zjednodušit, či úplně odstranit. Posledním přípravným krokem před optimalizací přestavby by měla být otázka, zda proces není možno nahradit jiným procesem a zda je opravdu tím správným pro tento účel.

2.3.1 Elementy přestavby

Zde jsou uvedeny elementy přestavby.

Struktura přestavby

Autor definuje strukturu přestavby jako demontáž konfigurace produktu A – přestavbu na konfiguraci produktu B – spuštění výroby produktu B. Tuto strukturu definuje následující obrázek č. 6.



Obr. 6: Obecná struktura přestavby [11]

V přestavbách jsou zapojeny různé zdroje jako potřební pracovníci a další pomocné, či transportní zdroje. Proto je nutno se všem těmto zdrojům, v jednotlivých případech, ve kterých se tyto zdroje samozřejmě liší, věnovat.

Sekce přestavby

Přestavování a procesy s ním spojené je dle autora možno rozdělit do dvou sekcí. První - hardware, tedy nářadí, zařízení a obsluha. Druhá – software, tedy všechny informace ve formě programů a nastavení.

Kategorie

Veškeré činnosti přestavby by měly být zařazené do kategorií, podle jejich typu. Celý proces přestavby tak může být rozčleněn na více kategorií. Souhrn stejných aktivit pak přináší informaci o základním charakteru přestavby. Mezi tyto kategorie mohou patřit:

- hledání,
- pohyb pro transport položek,
- pohyb bez transportu,
- instalace/odstranění částí,
- montáž a demontáž částí,
- použití nářadí,
- nastavení a seřizování.

Toto mohou být některé z možných kategorií. Na základě individuální přestavby však mohou vznikat další kategorie.

Interní a externí provedení činností

Zde jsou činnosti přestavby rozděleny stejně, jako v klasické koncepci SMED dle Shinga na interní a externí.

Plýtvání

Plýtvání musí být eliminováno ve všech výrobních procesech a procesy musí být realizovány tak, aby se maximálně vyhýbaly plýtvání. Co se identifikovatelných aktivit během přestaveb týče, pěší vzdálenosti hrají největší roli. Jedna z možností, jak analyzovat proces v tomto ohledu je takzvaný *špagetový diagram*. Výhoda tohoto diagramu spočívá v jeho vizuální názornosti a jasnosti, se kterou zobrazuje plýtvání pohybu a zbytečných cest.

2.3.2 Analýza přestavby

Autor opět, stejně jako Shingo, doporučuje jako nejvhodnější způsob analýzy pořízení videozáznamu přestavby. Autor také upozorňuje na nutnost zvážení kulturních faktorů ovlivňujících proces, které je nutno brát v potaz. Pro analýzu videozáznamu autor doporučuje vytvoření tabulky v programu Excel a zaznamenání potřebných dat ohledně jednotlivých činností. V následujícím kroku by se měla přestavba analyzovat a detailně popsat. Po přesunutí interních činností na externí by měly být tyto činnosti zkráceny (v pořadí od interních po externí). Toto opět koresponduje s klasickou koncepcí SMED. Přístup autora vychází v provedení kroků: Eliminuj, Zjednodušuj, Organizuj!

2.3.3 Funkce, síla procesu a analýza rozhraní

Z hlediska snahy o rychlou přestavbu se několik požadavků soustředí na vzhled příslušných strojních elementů, týkajících se požadovaných vlastností. Pro dosažení rychlé přestavby tyto elementy musí být navrženy k co nejsnazšímu užívání. Manipulace a transport by měly být zajistitelné pouze jednou osobou, bez využití pásových dopravníků, či zvedacích zařízení. Autor hovoří o výběru vhodného materiálu pro komponenty, aby zacházení s nimi bylo co nejsnazší. Rozhraní je zde definováno jako plocha, či linie, po které pohybující se objekt a stroj propojují. Ve snaze k dosažení rychlé přestavby by tato rozhraní měla být zvážena a přizpůsobena ideální funkčnosti.

2.3.4 Mechanické upevnění

Teorie mechanického upevnění vychází z požadavku, že statická jistota musí být realizována při upevňování komponentu. Stupně volnosti částí mají být potlačeny pomocí

upevnění, jestliže má být vyvinuta protisíla, směřována na procesní sílu. Stupně volnosti komponentu nepotřebují být potlačeny, jestli není přítomna žádná korespondující procesní síla. Komponent je kompletně zafixován ve chvíli, kdy je každý z šesti stupňů volnosti potlačen přesně jednou silou. V praxi toto znamená, že je potřeba pracovat s minimem bodů dotyku. Komponenty jsou často připojeny s jejich prostředím v příliš mnoha bodech dotyku, které jsou důsledkem statické nejistoty a také požadují příliš mnoho času pro operaci se všemi těmito body. Toto vede k prevenci deformace mechanických částí, které jsou připojeny právě k těmto upevňovacím elementům.

2.3.5 Umístění, nastavení a seřízení

Během přestaveb jsou části, součástky a díly vyměňovány a potřebují být seřizeny, aby se dostaly do správné polohy. Často může být až 50 % času přestavby tvořeno právě seřizováním a tedy potenciál úspor je velmi vysoký.

2.3.6 Organizace a komunikace

Vhodnou organizací celého procesu přestavby se dá také ušetřit mnoho času vyplývaného například hledáním, transportem, či čekáním, které tvoří až 25 % času přestaveb. Jednou z možností organizace je paralelnost činností. Autor uvádí příklad zastávky v boxech Formule 1, kdy je vůz doplněn palivem a pneumatiky vyměněny během 7 – 10 sekund. Jako vhodný grafický prvek zde autor uvádí *Ganttův diagram*, ve kterém se dají tyto paralelně probíhající činnosti zaznačit.

Nově navržená a aplikovaná přestavba musí být správně komunikována a dokumentována v rámci celé společnosti, jelikož nová koncepce může být využitelná i na jiných strojích.

2.4 SMED dle P. Kormance

P. Kormanec a kol. v této publikaci [13] hovoří o snaze podniků uspět v dnešním konkurenčním světě díky neustálému zlepšování pružnosti výroby, snižování nákladů, zkracování časů a zvyšování kvality. Toto lze dosáhnout pomocí systematického zlepšování procesů, odstranění zbytečností a zavedení pořádku a standardizace. Základní charakter dnešních požadavků na trhu jsou již zmíněné krátké životní cykly, měnící se požadavky, výroba širokého sortimentu a malé výrobní dávky. Jedním z možných klíčových prvků je také

implementace metod rychlého přetypování. Krátké časy přestaveb jsou podmínkou pro zavedení nezbytných malých výrobních dávek.

V publikaci je termín přetypování definován jako čas od ukončení výroby posledního kusu, odstranění náradí, nastavení nové konfigurace a zkušební výroba do vyrobení prvního dobrého kusu.

Publikace definuje 5 základních kroků přestavby, které jsou do třetího bodu totožné s koncepcí Shinga. Jsou to:

1. *příprava* – potvrzení připravenosti všech nástrojů, potřebných pro přestavbu,
2. *demontáž a montáž* – demontáž zařízení po ukončení výrobní dávky a montáž nových částí zařízení před spuštěním nové výrobní dávky,
3. *kontrola nastavení* – kontrolní nastavení procesu (kalibrace, měření zařízení) pro dosažení správného chodu zařízení,
4. *schopnost první přestavby* – úpravy po prvním vyrobeném kuse (re-kalibrace, přídavné měření),
5. *zlepšování přestavby* – čas přestavby, kdy se čistí zařízení a testuje jeho funkčnost.

Cesta k lepšímu výkonu výrobních procesů vede přes neustálou identifikaci a odstraňování forem plýtvání, které se v praxi velmi často vyskytují. Autoři použili následující definici plýtvání:

„Činnost, aktivita, materiál, nebo prvek pracovního procesu, který nepřidává výrobku, nebo službě hodnotu pro zákazníka a zároveň zvyšuje cenu, kterou zákazník není ochoten akceptovat.“ [13]

Tradiční vs. nový přístup k přestavbě

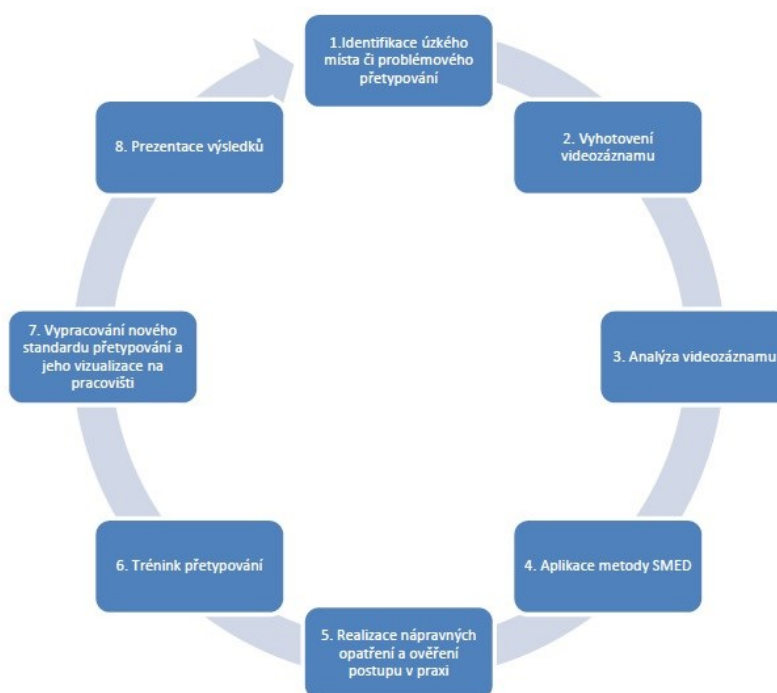
Zatímco u tradičního přístupu provádí přestavbu každý jednotlivec obsluhující stroj jinak, což vede k vzájemné nespokojenosti s přestavbou a různých časů přestaveb, u nového přístupu se zavádí standardizovaný postup, který těmto rozdílům zamezuje. Na tomto postupu se všichni společně dohodnou a zkracuje se tak čas přestavby.

V publikaci se postupuje stejně, jako u metodiky dle Shinga, tedy za předpokladu převedení interních činností na externí. Dále je zde definováno *6 technik pro zkrácení času přestavby*.

1. *Standardizace přestavby* – v tomto bodě by se měla standardizovat práce, kterou by pracovníci měli vykonávat jako rutinu.
2. *Standardizace částí zařízení*
3. *Použití rychloupínačů* – používání vozíků či opasků s potřebným náradím.

4. *Používání přídavných doplňkových prostředků*
5. *Paralelní vykonávání činností*
6. *Využití technických systémů* – umožňující přestavbu na jeden dotyk, elektronické systémy.

Autoři také radí využít metodických nástrojů, stejně jako bylo uvedeno v předchozí publikaci K. Herra využití Ganttova, či špagetového diagramu. Nově zde také zařazují Brainstorming zlepšení jako nástroj pro identifikaci plýtvání a současnou generaci návrhů a opatření na zlepšení přestavby.



Obr. 7: Postup realizace metody SMED v praxi [13]

Na obrázku č. 7., j zobrazen postup při realizaci metody SMED v praxi. V prvním bodě je nutno nalézt nejsložitější a časově nejnáročnější proces přestavby ve výrobním procesu, který vytváří největší ztráty. Dalším krokem je v předchozích kapitolách již zmíněné pořízení videozáznamu přestavby, jeho analýza a provedení metody SMED. Při definování nových požadavků by měl být vytvořen check list, kam se tyto požadavky zaznamenají a definují se daná opatření. V dalším bodě je nutno ověřit, zda bude nový postup uplatnitelný v praxi formou tréninku, který je doporučen provést při odstávce výroby. Tímto se odstraní možné odchylky nových návrhů, či úplně vyřadí ty návrhy, které nejsou realizovatelné. Po tréninku je tedy nutno vhodný postup standardizovat. Standardizace by měla zajistit již zmíněný cíl nového postupu přestavby. V neposlední řadě je také nutno opomenout prezentaci výsledků. To, jakých výsledků bylo při aplikaci metody SMED dosaženo, je důležitým

prvkem pro její budoucí uplatnění ve společnosti. Také je nutno se zaměřit na ekonomiku, tedy jaké úspory metoda SMED díky zkrácení času přestavby přinesla.

2.5 Srovnání přístupů a jejich uplatnění

Ve třech předchozích podkapitolách byly uvedeny přístupy různých autorů k metodě SMED a její aplikaci. Postupy se ve všech případech shodují v několika krocích, které byly také vybrány pro aplikaci v praktické části této práce. Mezi tyto kroky patří:

- popisu procesu přestavby,
- pořízení videozáznamu,
- rozdělení činnosti na interní a externí,
- konverze interních činností na externí.

Další postup je již individuální, dle typu přestavby i dle publikací, které obsahují mnoho návodů, jak eliminovat čas přestavby. Jedním z využitých návrhů je brainstorming na základě pořízeného videozáznamu, který bude také využit v praktické části. Také v další většině případů se publikace shodují a nejsou mezi nimi žádné zásadní rozdíly.

3 Charakteristika firmy a výrobního procesu

3.1 ArcelorMittal

Tato bakalářská práce bude řešena v největším hutním podniku v České republice, ArcelorMittalu Ostrava a.s. dále AMO. AMO patří do největší světové ocelářské a těžařské skupiny ArcelorMittal, která se na celosvětové produkci oceli podílí šesti procenty. [14] Ročně AMO vyprodukuje více než dva miliony tun oceli a vyváží kromě České republiky do více než 40 zemí světa. Společnost dlouhodobě snižuje objem emisí prachu, tedy vyrábí železo a ocel s ohledem na ekologickou legislativu a patří tak mezi nejvíce moderní a čisté hutě v Evropě. [15]

Na obrázku 8 je zobrazena tehdejší Nova huť Klementa Gottwalda, 18 let po zahájení výstavby areálu Nové hutě. Na obrázku 9 je areál společnosti, jak jej známe dnes.



Obr. 8: Nová huť Klementa Gottwalda 1960 [16]



Obr. 9: ArcelorMittal současnost [16]

AMO a její dceřiné společnosti mají v současnosti více než 7200 zaměstnanců s průměrnou mzdou 35 124 korun. Řadou z podnikových priorit jsou kromě ochrany životního prostředí také ochrana zdraví zaměstnanců a kvalita poskytovaných výrobků a služeb. Společnost se také orientuje na podporu řady kulturních a sportovních aktivit v Moravskoslezském kraji.

Společnost se orientuje na výrobu koksu, surového železa a oceli společně s hutní druhovýrobou, jejíž největší část tvoří dlouhé a válcované výrobky. AMO je největším výrobcem silničních svodidel a současně jediným výrobcem transformátorových plechů v České republice. [15]

V areálu společnosti se nachází tyto závody [17]:

- Koksovna (roční kapacitou 1,2 mil. tun koksu),
- Vysoké pece (čtyři vysoké pece, současně v provozu dvě, ročně až čtyři milióny tun surového železa),
- Ocelárna (největší produkce oceli u nás, ročně přes 3 mil. tun oceli),
- Válcovny (čtyři válcovací tratě - výroba střední, hrubé, jemné profilové oceli, ploché oceli, ocelový drát, profily, pásy z konstrukčních ocelí atd.),
- Strojírny a slévárny (výroba strojních dílů, ocelových konstrukcí, železničních dvojkolí atd.),
- Svodidla a důlní výztuže (největší výrobce svodidel a důlních výztuží v České republice),
- Údržba (servis jednotlivých závodů),
- Energetika (zajištění dodávky vody, elektřiny, tepla, plynu a výroba technických plynů),
- Doprava (správa silniční a železniční dopravy jednotlivých závodů).

Dceřiné společnosti

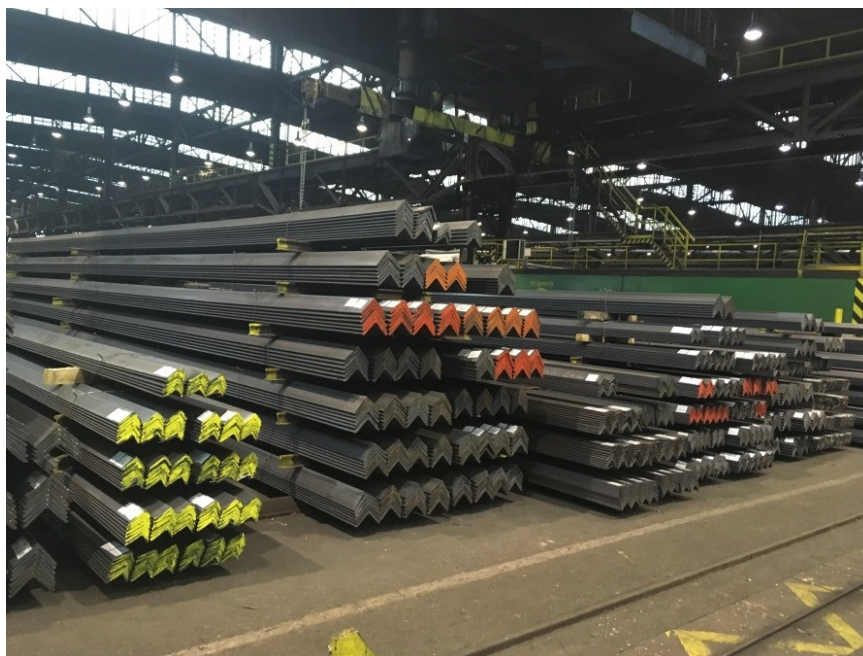
- ArcelorMittal Tubular Products Ostrava a.s. je výrobce bezešvých a svařovaných trubkových výrobků.
- ArcelorMittal Distribution Solutions Czech Republic, s.r.o. zajišťuje výrobní činnosti plochých výrobků vyráběných za studena.
- ArcelorMittal Engineering Products Ostrava s.r.o. je výrobce strojírenských výrobků a odlitků.
- ArcelorMittal Technotron s.r.o. je výrobce magnetických obvodů.

3.2 Závod 14 – Válcovny

Tento závod je pro společnost AMO největším finálním výrobcem. Ocel, která se zde zpracovává, je z největší části dopravována ze závodu 13 – Oceláren. Ocel má podobu plynule litých předlitků. Vyrábí se a dováží jak v rámci naší republiky, tak do zahraničí. Dlouhé výrobky jsou využívány především ve stavebnictví. V areálu závodu se nachází dvě profilové tratě (HCC, SJV) a jedna drátová trať (KD) se širokým sortimentem drátů a profilové oceli.

- HCC – hrubá profilová trať, kde se vyrábí hrubé a střední profilové oceli (profily – tvarové, speciálních průřezů, jednoduchých průřezů; tyče I, IPE a U).
- SJV – středojemná válcovací trať, zaměřená na produkci dlouhých výrobků válcovaných za tepla (jemná a střední profilová ocel, betonové výztuže, tyče průřezu I, IPE, U a speciální profily).
- KD – kontidrátová trať, vyrábějící ocelové dráty (5 - 14 mm) a tyče pro betonové výztuže menších průměrů.

Tato práce bude řešena na trati HCC. Níže je uvedena fotografie z části válcoven, na které jsou vidět vyválcované profily, čekající na export.



Obr. 10: Vyrobené profily čekající na export [Vlastní zpracování]

3.2.1 Hrubá profilová trat HCC – charakteristika válcovací tratě

Příprava vsázky

Ocel v podobě plynule litých předliték – PLP, zpracovávaná ve válcovnách je dopravována ze závodu 13 – Oceláren. PLP jsou po příjezdu soupravy a následující kontrole ukládány na příslušné úložné místo v halách skladu PLP HCC, kde jsou rozděleny dle kvality, rozměru, účelu, délek a použití. Minimální délka sázených předvalků je 4 m a maximální 5 m.

Sázení PLP do pecí HCC

Pece mají charakter plynových ohřívacích pecí a jsou 2. Pece slouží k ohřevu PLP na předepsanou válcovací teplotu. Pece jsou tří zónové, s 5 čelními hořáky v horní a 3 hořáky v dolní zóně. Délka pece je 21,2 m a šířka 6,6 m. Pece jsou vybaveny automatickou regulací tlaku, plynu a teploty v jednotlivých zónách pece, poměrovou regulací, regulací přetlaku a bezpečnostní rychlouzavírací klapkou.

Materiál je navážen jeřáby na sázečí rošty, kde jej zkontroluje pracovník na vsázce. Nevyhovující kusy jsou vyříděny. K ohřívacím pecím jsou shodné PLP dopravovány příváděcím valníkem a do pecí jsou zatlačovány pomocí tlaček. Materiál je posouván po vodou chlazených skluznicích proti proudu spalin k výpadové straně pece. Řízení ohřevu v pecích se provádí automaticky pomocí počítačů. Pokyny pro ovládání pecí jsou velmi přísné a musí se striktně dodržovat všechny potřebné postupy jako například spalovací poměry plynu a vzduchu, teploty, uvádění a odstavování pecí do a z provozu, sledování provozu, pokyny pro případ poruchy, omezování provozu a další. V peci ohřáté PLP vypadávají přední stranou pece na valník, kterým se dostanou k 1. stolici.

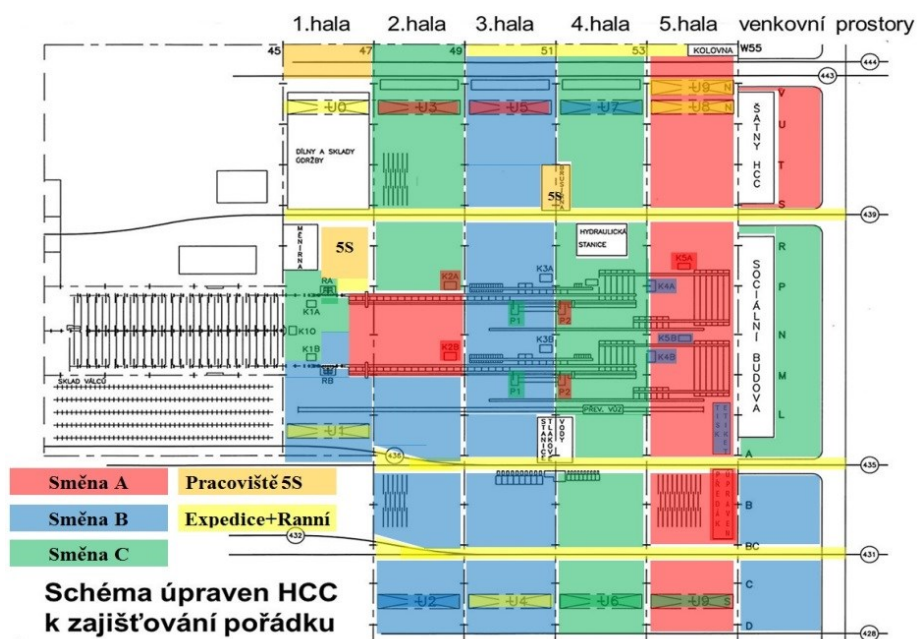
Válcování

HCC, hrubá profilová trať typu „cross country“ viz [18] s přesazenými stolicemi je jednožilová. Válcuje v devíti duo (dvouválcových) stolicích. Válcovací stolice 1 až 4 jsou horizontální dua. Všechny stolice, kromě páté, jsou pouze jednosměrné. 5. stolice může pracovat i jako vratná, se třemi průchody. Šestá až devátá stolice mohou být sestaveny a pracovat jako univerzální válcovací stolice, jejichž válce mají kromě vodorovné osy i svislou. Maximální počet průchodů mezi stolicemi je tedy jedenáct. Posun mezi stolicemi v jednotlivých pořadích se provádí pomocí valníků. Za pátou stolicí jsou vlečníky, které slouží k přesunu rozvalků z I. na II. pořadí.

Stolice jsou uspořádány ve 3 pořadích:

1. Pořadí – 5 předhotovných stolic
2. Pořadí – 3 hotovní stolice
3. Pořadí – 1 univerzální stolice

Po výstupu z poslední stolice se vývalky shromažďují po několika kusech na šikmém valníku, kterým jsou dopravovány k okružním saňovým dělicím pilám za tepla. Rozřezané vývalky se dopravují přívadecím valníkem k řetězovému chladníku. Na okrajích chladníku jsou překladače sloužící k překládání zchladlých vývalků na odváděcí valníky k rovnačkám.



Obr. 11: Schéma haly HCC [19]

Úpravny HCC

Úpravny HCC technologicky navazují na válcovací trať HCC. Prostor úpraven se skládá z pěti hal. Na obrázku 11 je uvedeno schéma haly. Materiál naválcovaný tratí HCC je z chladicího lože odebírán a zpracováván na dvou shodných úpravných linkách. Každá linka se skládá z:

- rovnačky SIMAC,
- sběrné kapsy,
- magnetických ukladačů profilových tyčí,
- pil pro dělení za studena SKET,
- zařízení pro přípravu dávek profilových tyčí,

- mechanický ukladač profilových tyčí,
- strojní vazačky a
- technologické váhy Metripond.

Manipulace materiálu se provádí pomocí jeřábů, umístěných v každé hale po dvou. Případné další operace se provádí na zpracovatelských roštech. Před expedicí je materiál skladován v prostorech tomuto určených.

V úpravárnách HCC se nachází také vlastní brusírna pil. Při výměně pilových listů se opotřebené pilové listy vkládají do stojanů, kde čekají na broušení, jak je uvedeno na obrázku 12. Po nabroušení v brusírně (obrázek 13) jsou pilové listy přesunuty na stojan, mezi připravené nové pilové listy, čekající na umístění do pily.



Obr. 12: Pily čekající na broušení [Vlastní zpracování]



Obr. 13: Brusírna pil [Vlastní zpracování]

4 Analýza stávajícího stavu využití metody SMED ve firmě

Ve společnosti AMO již aplikace metody SMED proběhla a to při řešení diplomové práce s názvem: Projekt aplikace metody SMED ve společnosti AMO [20]

Aplikace metody SMED byla zaměřena na přetypování na kontidrátové trati, kde se vyskytuje velké množství různých přestaveb (přetypování, seřízení, výměna stolic). Při aplikaci SMED však bylo nutné vybrat pouze jeden typický typ přestavby a výsledky analýza pak uplatnit i na ostatní přestavby. Dle kritériální analýzy byla vybrána přestavba z výroby drátu o průměru 5,5 mm na 6 mm.

První příčiny plýtvání, které byly po analýze videozáznamu zjištěny, byly chybějící standardizace seřízení, což znamená, že každý pracovník prováděl přestavbu jiným způsobem. Následně byly tyto standardy vytvořeny z důvodu odstranění rušivých elementů a možnosti porovnání přestavby s novým návrhem. Pro odstranění rušivých prvků a nalezení úzkých míst byl použit tzv. Yamazumi diagram.

Výstupem aplikace metody SMED bylo sestavení nových jízdních řádů a navržená zlepšení. Toto zlepšení bylo dosaženo prací ve dvou, tedy implementací paralelního opatření. Výsledkem této práce bylo zkrácení doby přestavby o 35,21 %.

5 Aplikace metody SMED v podmínkách úpraven HCC

Tato kapitola je věnována aplikaci metody SMED na proces výměny pilových listů a nastavení pil v úpravkách HCC. Tato aplikace si klade za cíl navrhnout opatření přispívající k co největší eliminaci času výměny, která způsobuje výrobní prostoje a stává se tak úzkým místem.

5.1 Metodika aplikované SMED v krocích

Zde jsou uvedeny veškeré kroky, které byly provedeny při aplikaci metodiky SMED v úpravkách HCC, areálu AMO:

- popis procesu výměny pilových listů a nastavení pil,
- pořízení videozáznamu,
- analýza videozáznamu,
- zpracování tabulky pro zaznamenání informací získaných na základě videozáznamu,
- zaznamenání údajů o přestavbě do tabulky,
- rozdělení dílčích operací na interní a externí,
- brainstorming s pracovníky,
- formulace návrhů zlepšovacích opatření,
- definované přínosy jednotlivých opatření.

5.2 Proces výměny pilových listů a nastavení pil – analýza současného stavu

Na obou linkách úpraven HCC se nachází dvě studené pily. V této práci bylo zkoumání provedeno na pilách jedné z linek, nazvaných P1 a P2. Pily SKET slouží k řezání materiálu za studena. V následujících odrážkách jsou uvedeny technické specifikace pil:

- průměr pilových listů – max. 1600 mm, min. 1500 mm,
- tloušťka pilových listů – 10 mm,
- obvodová rychlost – max. 145 m/s.

Dříve byla jedna z pil pojízdná, postupem času se tato její funkce však vytratila a v současné době se nedá s žádnou z pil manipulovat. Většinu výrobního času se reže na pile P1 (uvedena na obrázku č. 14) z důvodu odbavování technologického odpadu (zbylých

krátkých kusů), který se poté odváží zpět do ocelárny, kde se využívá k další výrobě. Pily jsou od sebe vzdáleny 6 m a na obou pilách současně se řeže pouze v případech, kdy požadované délky profilů odpovídají právě těmto 6m.



Obr. 14: Pila P1[Vlastní zpracování]

Pily ovládá strojník kabiny K2A. Jakmile si pracovníci, kteří zpracovávají finální zakázky, všimnou, že se na materiálu objeví otřepy, nebo špony, je potřeba vyměnit pilový list. Dalším z důvodů nutnosti výměny pilového listu může být také její povolení. Povolení pozná obsluha pily na základě hluku, či pohybu pilového listu.

Pro jakoukoliv manipulaci s pilami je z bezpečnostních důvodů nutné odpojení pil z elektriny, tedy odpojení agregátu. O tomto musí být uveden záznam v „knize zajištění agregátu“.

Nejprve musí strojník kabiny informovat pracovníky elektroúdržby, aby se dostavili do kabiny. Dále musí zastavit pilu a nastavit ji do polohy servis. Po dostavení pracovníků elektroúdržby všichni podepíší žádost o zajištění pily. Pracovníci se poté přesunou k rozvaděčům, kde odpojí agregát a poté se vrací do kabiny, kde společně se strojníkem podepíší převzetí zajištěného agregátu. Tímto jsou zajištěny veškeré bezpečnostní předpisy a může se provést samotná výměna pilového listu.

Strojník se přesune z kabiny k pile, kde pomocí páčky vysune plochu pro manipulaci s pilou. Dále povolí zajišťovací šrouby krytu pily a ten poté otevře a přivolá jeřáb. V dalším kroku strojník pilu povolí a odšroubuje tzv. náboj pily. Pomocí gest předem domluvených

s jeřábníkem pilu pomocí závěsu pro přepravu pil vytáhnou. Závěs pro přepravu pil je pro ukázkou uveden na obrázku č. 15.



Obr. 15: Závěs pro přepravu pil [Vlastní zpracování]

Jeřáb převezde pilový list do nedalekého stojanu, kam se strojník mezitím přesune. Zde strojník pilový list uloží a z dalšího stojanu vytáhne a nasadí na závěs nový pilový list, přesune se zpět k pile a jeřáb přiveze tento nový list. Pracovník jej nasadí, zašroubuje náboj a dotáhne pomocí očkového nebo maticového klíče, který má u pily místě nachystaný. Před dotáhnutím pily se dle potřeby nastavují trysky chlazení, které slouží k chlazení pilového listu. Po dotažení pilového listu strojník uzavře kryt, utáhne zajišťovací šrouby krytu pily a zasune plochu pro manipulaci s pilou. Na obrázku č. 16 je uveden pracovník po výměně pilového listu.



Obr. 16: Pila P1 po ukončení výměny [Vlastní zpracování]

Strojník se vrací do kabiny, kde podepíše odjištění pily v „knize zajištění agregátu“, pracovníci elektroúdržby zapojí agregát a vrátí se zpět do kabiny, kde podepíše odjištění agregátu a zapojení pro provoz. Dále strojník pilu přepne z polohy servis do základní polohy a ihned může pokračovat v řezání materiálu.

Nastavení pil nás v této práci zajímá pouze ve spojitosti s výměnou pilových listů. Zde jsou uvedeny základní informace o tomto procesu. Dle výrobních příkazů jsou dány délky a délkové tolerance vyráběných profilů. Délky profilů se nastavují na pojízdných zarážkách. Na pojízdných zarážkách jsou nastavitelné délky od 5,5 m do 15,2 m. Vzdálenosti mezi pilou a zarážkou se měří pomocí měřicího pásma, nebo dálkového laserového měřiče. Kontrola nastavení pil se provádí při řezání přesných délek při každé změně délky a na začátku směny.

5.3 Analýza videozáznamu

Jedním z nejdůležitějších kroků při analýze, navazujícím na popis procesu přestavby je provedení *videozáznamu* celé výměny. Ještě před analýzou videozáznamu byl navržen formulář pro zaznamenání údajů o přestavbě. Na základě provedeného videozáznamu byl formulář výměny pilových listů a nastavení pil doplněn o následující údaje (uveden v tabulce č. 2). Celkem bylo provedeno 5 měření pomocí videozáznamů. Z těchto měření byly zaznamenány časy dílčích procesů, uvedené v tabulce pod jednotlivými měřeními.

Tab. 2: Formulář analýzy přestavby [Vlastní zpracování]

FORMULÁŘ VÝMĚNY								
		Výměna č. 1.	Výměna č. 2.	Výměna č. 3.	Výměna č. 4.	Výměna č. 5.		Interní
č. operace	operace	čas operace					prům. čas	Externí
1	Informování pracovníků elektroúdržby	0:00:37	0:00:34	0:00:42	0:00:36	0:00:41	0:00:38	E
2	Zastavení pily a nastavení do polohy servis	0:03:03	0:03:00	0:03:02	0:03:04	0:03:05	0:03:03	I
3	Čekání na pracovníky elektroúdržby	0:02:17	0:03:04	0:09:53	0:02:34	0:02:13	0:04:00	I
4	Podpis zajištění pily	0:00:36	0:00:34	0:00:32	0:00:35	0:00:33	0:00:34	I
5	Přesun elektroúdržby k rozvaděčům	0:00:48	0:00:46	0:00:49	0:00:45	0:00:46	0:00:47	I
6	Odpojení agregátu	0:04:32	0:04:54	0:04:17	0:04:30	0:04:43	0:04:35	I
7	Návrat elektroúdržby do kabiny	0:00:46	0:00:44	0:00:47	0:00:48	0:00:46	0:00:46	I
8	Podpis převzetí zajištěného agregátu	0:00:35	0:00:32	0:00:33	0:00:29	0:00:28	0:00:31	I
9	Přesun strojníka z kabiny k pile	0:00:44	0:00:58	0:00:45	0:00:46	0:00:44	0:00:47	I
10	Vysunutí plochy pro manipulaci	0:00:18	0:00:15	0:00:17	0:00:16	0:00:14	0:00:16	I
11	Odjištění a otevření krytu pily	0:00:49	0:00:58	0:00:51	0:00:53	0:00:49	0:00:52	I
12	Přivezení a příchycení manipulačního zařízení	0:00:34	0:00:27	0:00:33	0:00:35	0:00:37	0:00:33	I
13	Povolení pilového listu	0:01:03	0:01:10	0:01:05	0:01:14	0:01:15	0:01:09	I
14	Vytažení pilového listu	0:00:33	0:00:28	0:00:35	0:00:45	0:00:29	0:00:34	I
15	Odvezení pilového listu jeřábem	0:01:12	0:00:58	0:00:57	0:01:09	0:01:02	0:01:04	I
16	Vložení pilového listu do stojanu	0:00:38	0:00:35	0:00:38	0:00:32	0:00:39	0:00:36	I
17	Vytažení a dovezení nového pilového listu	0:01:18	0:01:02	0:01:05	0:01:48	0:01:07	0:01:16	I
18	Nasazení nového pilového listu	0:01:13	0:01:15	0:01:09	0:01:11	0:01:07	0:01:11	I
19	Dotážení nového pilového listu	0:02:20	0:02:57	0:02:09	0:02:15	0:02:58	0:02:32	I
20	Odtažení závěsu pro manipulaci s pilou	0:00:14	0:00:17	0:00:18	0:00:15	0:00:19	0:00:17	I
21	Kontrola a nastavení trysek chlazení	0:00:10	0:00:36	0:00:05	0:00:49	0:00:23	0:00:25	I
22	Uzavření a zajištění krytu pily	0:00:57	0:00:46	0:00:48	0:00:55	0:00:52	0:00:52	I
23	Zasunutí plochy pro manipulaci	0:00:19	0:00:17	0:00:19	0:00:18	0:00:17	0:00:18	I
24	Přesun strojníka do kabiny	0:00:47	0:01:02	0:00:49	0:00:44	0:00:40	0:00:48	I
25	Podpis žádosti o zapojení agregátu	0:00:35	0:00:32	0:00:39	0:00:41	0:00:34	0:00:36	I
26	Přesun elektroúdržby k rozvaděči	0:00:45	0:00:59	0:00:08	0:00:46	0:01:07	0:00:45	I
27	Návrat elektroúdržby do kabiny	0:00:49	0:01:05	0:01:16	0:00:48	0:01:16	0:01:03	I
28	Podpis zapojení agregátu	0:00:34	0:00:27	0:00:32	0:00:38	0:00:29	0:00:32	I
29	Nastavení pily do polohy základní	0:00:05	0:00:04	0:00:03	0:00:05	0:00:03	0:00:04	I
CELKOVÝ ČAS VÝMĚNY		0:29:11	0:31:16	0:35:36	0:30:44	0:30:16	0:31:25	

V tabulce jsou uvedeny všechny operace, seřazené dle návaznosti, jak jdou po sobě při výměně pilových listů a nastavení pil. V tabulce také vidíme, že celkový průměrný čas výměny je *31 minut 25 vteřin*. V posledním sloupci jsou jednotlivé činnosti označeny jako interní, či externí. V jednotlivých měřeních se vyskytují odchylky, za které ve většině případů může lidský faktor. Výměnu na různých směnech provádí různí strojníci a jeřábníci, kterým jednotlivé činnosti mohou trvat různě dlouho. K tomuto dochází z důvodu chybějící standardizace procesu. Při pohledu do tabulky na celkové časy jednotlivých výměn jde vidět, že u 3. měření je tento čas okolo 5 minut delší, než u ostatních měření. Při srovnání dílčích

časů jednotlivých činností s ostatními bylo zjištěno, že u činnosti *čekání na obsluhu elektroúdržby* byl čas téměř 2x delší, než u ostatních měření. Toto bylo způsobeno mechanickým opotřebením pilového listu, což vyvolalo nutnost okamžitého vypnutí pily. Ve standardních případech se strojník domluví s obsluhou elektroúdržby, za jakou dobu se mohou dostavit a toto přizpůsobí času nutnému pro vypnutí a dotočení pilového listu. Opotřebení mohlo mít různé příčiny:

- nesprávná tvrdost pilového listu způsobena jeho špatným zakalením,
- přílišné opotřebení pilového listu,
- uvolněný pilový náboj (jeho mechanické poškození).

Z tabulky č. 2 je také patrné, že až na první činnost (1) jsou všechny operace externí, tedy takové, které se provádějí při vypnutém stroji. Vzhledem k bezpečnostním důvodům, které nepovolují manipulaci s tímto zařízením, pokud není odpojeno z agregátu, je složité právě tyto činnosti převést na interní, jak je to u standardního postupu při SMED metodě. Proto byla jako další krok při aplikaci metody SMED použita metoda Brainstormingu.

5.4 Brainstorming s pracovníky

Na základě zhlédnutí videozáznamu s pracovníky (strojník kabiny, vedoucí provozu úpraven HCC, a konzultant BP) byl proveden brainstorming. Při brainstormingu byla navržena následující možná řešení pro úsporu času při přestavbě a odstranění plýtvání:

1. přesun stojanů na pilové listy blíže k pilám,
2. současná manipulace dvěma jeřáby,
3. nástroj pro okamžité zastavení pily,
4. sloučení výměny pilových listů s dobou prostojů na trati,
5. instalace uzamykatelného tlačítka vypnuto do ovládacího pultu kabiny,
6. eliminace odchylek díky standardizaci práce,
7. změna osoby provádějící výměnu.

1. Přesun stojanů na pilové listy blíže k pilám

Prvním navrženým řešením bylo přesunutí stojanů na použité a nové pilové listy blíže k pilám. Díky stojanům umístěným blíže k pilám by jeřáb urazil menší trajektorii, která by byla časově méně náročná.

2. Současná manipulace dvěma jeřáby

Při manipulaci dvou jeřábů najednou by bylo možno najednou opotřeбенý pilový list odvážet, zatímco by další jeřáb již přiváděl pilový list nový, či už byl na místě připravený. Zkrátí by se tedy úplně čas, potřebný pro manipulaci s pilovým listem do stojanu a z něj.

3. Nástroj pro okamžité zastavení pily

Pomocí instalace zařízení, které by pilu okamžitě zastavilo, by nebyl potřebný čas pro dotočení pilového listu, který se pohybuje okolo 4 minut. Ve formuláři není zaznačený z důvodů činností, které na vypnutí pily navazují, a dotočení pilového listu se s nimi překrývá. Návrhem uzamykatelného tlačítka (5) by se však tyto činnosti mohly eliminovat a tak by bylo vhodné právě toto zařízení, aby se nemuselo čekat, než se pila úplně zastaví.

Na pile je již motorový softstartér, který brzdí motor pily, i přes to, však dotočení pilového listu trvá 4 až 5 minut. Instalací výkonnějšího zařízení by se tato doba dala zkrátit. Toto zařízení by bylo pravděpodobně nejnákladnějším návrhem ze všech uvedených. Softstartéry se pohybují v cenách od 10 000 Kč až do 65 000 Kč. Bylo by tedy potřeba zvážit, zda by tato investice přinesla požadovaný výsledný efekt.

4. Sloučení výměny pilových listů s dobou prostojů na trati

Úpravný HCC by byly předběžně informovány o organizační změně z tratě HCC, o cyklickém stání tratě, a mohly by během těchto prostojů provést výměnu.

5. Instalace uzamykatelného tlačítka vypnuto do ovládacího pultu kabiny

Pátým návrhem je instalace uzamykatelného tlačítka. Tento návrh by eliminoval nutnost odpojení a zapojení agregátu. Návrh spočívá v instalaci uzamykatelného přepínače v ovládacím pultu kabiny. Tlačítko pro vypnutí a zapnutí pily by strojník kabiny při odchodu k výměně pilového listu uzamknul a tak by bylo zajištěno, že v kabině nehrozí spuštění pily. Tímto způsobem by se vyřešila bezpečnostní opatření odpojení agregátu a tedy příchodu a odchodu obsluhy elektroúdržby a zapisování do knihy zajištění pil. V následující tabulce jsou zaznamenány veškeré činnosti, které by se tímto návrhem úplně odstranily. V posledním sloupci tabulky jsou zaznamenány procentuální vyjádření jednotlivých činností na celkovém času a v červeně zvýrazněné buňce procentuální vyjádření celkového podílu na času výměny.

Tab. 3: Procentuální podíl činností spojených s odpojením agregátu [Vlastní zpracování]

		Výměna č. 1.	Výměna č. 2.	Výměna č. 3.	Výměna č. 4.	Výměna č. 5.		
č. operace	operace	čas operace					prům. čas	% podíl
1	Informování pracovníků elektroúdržby	0:00:37	0:00:34	0:00:42	0:00:36	0:00:41	0:00:38	2,02%
3	Čekání na pracovníky elektroúdržby	0:02:17	0:03:04	0:09:53	0:02:34	0:02:13	0:04:00	12,75%
4	Podpis zajištění pily	0:00:36	0:00:34	0:00:32	0:00:35	0:00:33	0:00:34	1,80%
5	Přesun elektroúdržby k rozvaděčům	0:00:48	0:00:46	0:00:49	0:00:45	0:00:46	0:00:47	2,48%
6	Odpojení agregátu	0:04:32	0:04:54	0:04:17	0:04:30	0:04:43	0:04:35	14,60%
7	Návrat elektroúdržby do kabiny	0:00:46	0:00:44	0:00:47	0:00:48	0:00:46	0:00:46	2,45%
25	Podpis žádosti o zapojení agregátu	0:00:35	0:00:32	0:00:39	0:00:41	0:00:34	0:00:36	1,92%
26	Přesun elektroúdržby k rozvaděči	0:00:45	0:00:59	0:00:08	0:00:46	0:01:07	0:00:45	2,39%
27	Návrat elektroúdržby do kabiny	0:00:49	0:01:05	0:01:16	0:00:48	0:01:16	0:01:03	3,33%
28	Podpis zapojení agregátu	0:00:34	0:00:27	0:00:32	0:00:38	0:00:29	0:00:32	1,70%
Celkový % podíl								45,44%

Z tabulky je patrné, že těchto 10 operací, spojených se zapojením a odpojením agregátu tvoří 45,44 % celkového času výměny. Pomocí navrženého řešení by se všechny tyto operace odstranily a ušetřilo by se téměř 50 % času výměny.

6. Eliminace odchylek díky standardizaci práce

Pro proces výměny bude vypracován detailní standardizovaný postup, na kterém se všichni pracovníci všech směn dohodnou, a kterým se všichni budou řídit, a předejde se tak časovým odchylkám.

7. Pracovník provádějící výměnu

Dalším možným ušetřením času by mohla být změna pracovníka provádějícího výměnu pilového listu. Výměnu by neprováděl samotný strojník kabiny, který se k pile musí z kabiny přesouvat, ale po vypnutí pily by okamžitě byl na místě připravený pracovník, který by výměnu provedl. Ušetřil by se tak čas potřebný k přesunu strojníka.

5.5 Posouzení realizovatelnosti a vyhodnocení jednotlivých návrhů

Jako nejvhodnější a nejdůležitější návrh byl posouzen návrh č. 5, instalace uzamykatelného tlačítka. Tento návrh má největší potenciál ke zkrácení času přestavby. Je však nutno zvážit realizovatelnost všech jednotlivých návrhů. V případě instalace tlačítka bude nutné zvážení možnosti instalace uzamykatelného systému a celková spolehlivost a bezpečnost tohoto zařízení. Jako druhé vhodné opatření byla vyhodnocena standardizace

procesu výměny pilových listů a nastavení pil. Díky tomuto se zamezí odlišnostem způsobených tím, kdo výměnu na dané směně provádí. Jako třetí nejúspěšnější návrh bylo vyhodnocení přesunutí stojanů na pilové listy blíže k pilám, což ušetří čas potřebný pro transport. Ostatní návrhy jsou nejisté z hlediska bezpečnosti a realizovatelnosti a jejich vyhodnocení by bylo možné až po jejich tréninku.

5.6 Přínos aplikace navrhovaných řešení

Aplikací výše uvedených opatření by bylo možno eliminovat více než 50 % celkového času potřebného pro výměnu pilových listů a nastavení pil. S určitostí nelze přesně říct, kolikrát týdně/měsíčně/ročně se výměna provádí. Toto může mít několik příčin:

- různé typy zpracovávaného materiálu,
- různé délky a typy profilů,
- méně a více časté prostoje na trati.

Různé typy materiálu, který pily řezou, se mohou různě opotřebovávat a tedy je výměna potřebná v odlišných intervalech. Stejně tak je to s různými délkami a typy profilů. Všechny tyto faktory ovlivňují to, jak často se bude výměna na obou tratích provádět.

S určitostí však lze říci, že pokud momentální doba výměny činí okolo 30 minut, aplikací potenciálních opatření by se ušetřila více než polovina tohoto času. Každá hodina znamená 70 tun vyrobené oceli a dopad aplikací těchto opatření na obou tratích, by byl jistě viditelný jak z hlediska množství vyrobeného materiálu a jeho finančních zisků, tak z hlediska zjednodušení a zkrácení práce strojníků kabiny, jeřábníků a zejména obsluhy elektroúdržby.

5.7 Návrh dalšího postupu

Jako další krok byly navrženy následující činnosti:

- ověření daných opatření z hlediska bezpečnosti a realizovatelnosti,
- schválení opatření,
- trénink schválených opatření,
- možná další opatření (jejich ověření, schválení, trénink),
- standardizovaný postup.

Nejprve by se měla daná opatření ověřit z hlediska bezpečnostních předpisů a možných bezpečnostních rizik. Také je vhodné zvážit celkovou realizovatelnost jednotlivých opatření a také jejich další návaznosti z hlediska celku procesu výměny. Ta opatření, která tímto schvalovacím procesem projdou, mohou být schválena a zařazena do činností, které budou zařazeny do tréninkového plánu, ve kterém se ověří jejich praktická využitelnost. Pokud bude tato využitelnost vyhodnocena jako kladná, mohou tyto činnosti přinést ještě další možná opatření, která by absolvovala celý proces ověření znova. Přijatá opatření tedy mohou být zařazena do standardizovaného postupu a pomoci tak k další eliminaci času výměny a tedy minimalizaci prostojů jí způsobených.

Závěr

V této bakalářské práci byla provedena aplikace metody SMED na procesu výměny pilových listů a nastavení pil ve společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. Cílem této práce bylo navržení a vyhodnocení opatření pro zkrácení doby procesu výměny pilových listů a nastavení pil.

Teoretická část této práce je zaměřena na poznatky o štihlé výrobě a metodě SMED. Z oblasti štihlé výroby je zde uveden její historický kontext, jednotlivé metody a jejich přínosy. Další podstatná část je zaměřena na zkoumání publikací ohledně metody SMED a toho, jak by se měla aplikovat v praxi. Tyto publikace poskytly podstatný základ pro uplatnění metody SMED na konkrétním procesu.

Praktická část této práce je zaměřena na představení společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s. a výrobního procesu závodu 14 Válcoven, kde byla aplikace metody SMED provedena. Dále byl navržen postup aplikace, který vycházel z teoretických poznatků nabytých studiem publikací analyzovaných v teoretické části této práce. Následně bylo pořízeno 5 videozáznamů procesu, které byly využity jako podklad pro analýzu a hledání návrhů pro redukci času analyzovaného procesu. Tyto návrhy byly také vyhodnoceny z hlediska jejich potenciálních přínosů, které by mohly vést až k 50 % úspoře času procesu výměny pilových listů a nastavení pil. Dále byl navržen další postup pro dokončení aplikace uvedených opatření a možnou aplikaci metody na další procesy.

Seznam použité literatury

- [1] DENNIS, P. *Lean production simplified: a plain language guide to the world's most powerful production system*. 2nd ed. New York: Productivity Press, c2007. ISBN 9781563273568.
- [2] Lean Production System [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <https://totalqualitymanagement.wordpress.com/2008/10/28/lean-production-system/>
- [3] *První automobil* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: http://www.simonak.eu/index.php?stranka=pages/h_k/1_29.htm
- [4] WOMACK, James P., Daniel T. JONES a Daniel ROOS. *The machine that changed the world: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million-dollar 5-year study on the future of the automobile*. New York: Rawson Associates, c1990. ISBN 0892563508.
- [5] *Ford Model T* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: http://zonderpump.com/image-post/1005-ford-model-t7.jpg.html#gal_post_1005_ford-model-t2-1.jpg
- [6] *House of lean production* [online]. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/283680365_fig1_Figure-1-House-of-Lean-Production-An-image-of-the-Lean-Production-System-as
- [7] KOŠTURIÁK, J. a FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- [8] NENADÁL, J. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 9788072611867.
- [9] LENORT, R. *Průmyslová logistika*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 9788024825847.
- [10] MACINNES, R. L. *Štíhlý podnik Memory Jogger: vytvářejte hodnotu a eliminujte ztráty v celém vašem podniku*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-020-1849-4.
- [11] SHINGŌ, S. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Stamford, Conn.: Productivity Press, c1985. ISBN 0915299038.
- [12] HERR, K. *Quick changeover concepts applied: dramatically reduce set-up time and increase production flexibility with SMED*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014. ISBN 978-146-6596-313.
- [13] KORMANEC, P.: *SMED*. Žilina: IPA Slovakia, 2008.

- [14] *Největší světový výrobce ocele ArcelorMittal se vrátil k zisku* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.ceskenoviny.cz/zpravy/nejvetsi-svetovy-vyrobce-ocel-arcelormittal-se-vratil-k-zisku/1448504>
- [15] *O společnosti ArcelorMittal* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://ostrava.arcelormittal.com/o-spolecnosti/o-spolecnosti.aspx>
- [16] [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.novahut.cz/fotografie/>
- [17] *Výroční zpráva ArcelorMittal* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <https://ostrava.arcelormittal.com/pdf/ArcelorMittal-Ostrava-vyrocní-zprava-2015.pdf>
- [18] *Tváření kovů: učební text : studijní materiály pro studijní program Metalurgické inženýrství Fakulty metalurgie a materiálového inženýrství*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012.
- [19] Interní zdroj
- [20] POSPÍŠILÍK, Š. *Projekt aplikace metody SMED ve společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s.: Diplomová práce*. Zlín, 2017. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

Seznam obrázků

Obr. 1: První automobil [3]	2
Obr. 2: Ford Model T [5]	3
Obr. 3: Dům štíhlé výroby [6]	5
Obr. 4: Rozšířený dům štíhlé výroby [1]	6
Obr. 5: Prvky štíhlého pracoviště [7]	7
Obr. 6: Obecná struktura přestavby [11]	16
Obr. 7: Postup realizace metody SMED v praxi [13]	20
Obr. 8: Nová huť Klementa Gottwalda 1960 [16]	22
Obr. 9: ArcelorMittal současnost [16]	22
Obr. 10: Vyrobené profily čekající na export [Vlastní zpracování]	24
Obr. 11: Schéma haly HCC [19]	26
Obr. 12: Pily čekající na broušení [Vlastní zpracování]	27
Obr. 13: Brusírna pil [Vlastní zpracování]	27
Obr. 14: Pila P1 [Vlastní zpracování]	30
Obr. 15: Závěs pro přepravu pil [Vlastní zpracování]	31
Obr. 16: Pila P1 po ukončení výměny [Vlastní zpracování]	32

Seznam tabulek

Tab. 1: Rozdělení procesů dle Shigea Shinga [11].....	13
Tab. 2: Formulář analýzy přestavby	33
Tab. 3: Procentuální podíl činností spojených s odpojením agregátu	36

